

**Tesis Monográfica para optar al Título de
Ingeniero Eléctrico**

Título

**“DISEÑO DE TRANSFERENCIA Y SINCRONIZACION AUTOMATICA DE
GENERADORES ELECTRICOS UTILIZANDO UN PLC SIEMENS EN UNA
INSTALACION INDUSTRIAL”.**

Autores:

- Br. Marlon Enrique Ruiz González 2008-23462
- Br. Cristian Antonio Hernández Cisneros 2009-29190

Tutor:

Msc. Sandro Chavarría

Managua, Abril 2018

ÍNDICE DE CONTENIDO

I.	Introducción	5
II.	Antecedente	7
III.	Objetivos del Estudio	8
3.1	Objetivo General	8
3.2	Objetivo Específico	8
IV.	Justificación	9
V.	Marco Teórico	10
5.1	Interruptor automático de transferencia	10
5.2	Condiciones para el funcionamiento de la transferencia	11
5.2.1	El enclavamiento	13
5.2.2	Diagrama unifilar de la transferencia	14
5.2.3	Algoritmo de un interruptor de transferencia automático	14
5.3	Circuito de fuerza	15
5.4	Circuito de mando para una transferencia con sincronización automática	16
5.5	Descripción de los grupos electrógenos.	17
5.5.1	Clasificación de los grupos electrógenos.	17
5.5.2	Tipos de grupos electrógenos	19
5.5.2.1	Los grupos electrógenos manuales:	19
5.5.2.2	Los grupos electrógenos semiautomáticos:	19
5.5.2.3	Los grupos electrógenos Automáticos (ATS): Automatic Transfer Switch	19
5.5.2.4	Los grupos electrógenos Automáticos para (Sincronía / Peak shaving):	20
5.6	Programación del PLCs logo	21
VI.	Metodología de Trabajo	26
VII.	Secuencia para la transferencia del sistema al suministro de energía eléctrica comercial ..	28
7.1	Relé de sincronización automática	29
7.2	Esquema clásico de la sincronización	31
7.3	Supervisión automática de la sincronización	32
7.4	Comparación del funcionamiento del controlador lógico programable contra el esquema de sincronización tradicional	33
7.5	Sistema de control	35
7.6	Características del controlador lógico programable	35

7.7	Capacidad de conexión en red del controlador lógico programable	36
7.8	Diseño del sistema de relevación.....	37
7.9	Elaboración del Programa	37
VIII.	Conclusiones	39
IX.	Bibliografía	40

LISTA DE ABREVIACIONES

PLC	Control Lógico Programable
FUP	Diagrama de funciones
NA	Normalmente abierto
NC	Normalmente cerrado
CPU	Unidad de procesamiento central
V	Voltio
F	frecuencia
P	Potencia
VCA	Voltaje de corriente alterna
W	Vatios
Hp	Horse Power

I. Introducción

Las transferencias automáticas tienen la función primordial de proporcionar energía eléctrica confiable durante la suspensión del servicio eléctrico comercial, en la industria donde por su naturaleza las cargas eléctricas tienen montos considerables y además surge la necesidad de un servicio eléctrico constante debido a la naturaleza de los procesos de manufactura.

Por tal razón es recomendable implementar un sistema de transferencia con sincronización de generadores automática. En la actualidad el uso de los PLC Logo son una aplicación universal. Su gran funcionalidad hace que LOGO ofrezca un alto grado de rentabilidad en prácticamente cualquier aplicación y sector, caso específico el uso de transferencias.

El sistema de transferencia con sincronización automática, tiene la bondad de reducir el tiempo de respuesta de los generadores de emergencia con el beneficio de ser independiente de la intervención de un operador humano, el sistema de transferencia automática consta de dos partes elementales; el control que está conformado por el controlador lógico programable (PLC) que hace la función de un cerebro con todos sus relés de medición y actuadores, la fuerza está conformada de los interruptores de potencia o seccionadores.

Aunque el sistema que se desarrollara para ésta tesis no tiene mucho de innovador, se decidió trabajar sobre él porque requiere subsistemas tanto mecánicos como eléctricos y electrónicos, lo cual representó un reto que enriquece nuestra formación profesional.

Por su parte, el sistema de control cumple la función de ordenar la activación de los generadores de emergencia, su correcta sincronización a la barra común, la conexión para alimentar las cargas, también la protección de los generadores corre por cuenta del sistema de control.

Los interruptores son parte de la fuerza y cumplen la función de conectar los generadores para alimentar la carga, es importante la correcta selección de los interruptores para garantizar tanto la conexión de los generadores como la coordinación de las cargas.

Cabe señalar que la parte de la programación del logo tendrá mínimas complicaciones gracias a lo sencillo que es de manejar el programa Logo Soft Comfort y lo eficaz del PLC en sistemas de automatización.

Actualmente hablar de automatización en ingeniería, en muchos casos se piensa en el PLC, (controlador lógico programable), ya que muchos procesos industriales y comerciales están controlados por este tipo de elementos. Entonces que un ingeniero eléctrico conozca como programar un PLC para simular o resolver problemas de su entorno profesional, será esencial en su trayectoria como ingeniero.

Se pretende que este trabajo sirva como guía para los estudiantes de ingeniería eléctrica y electrónica para conocer la metodología de la programación y simulación de un PLC y uso correcto del software, así como sus posibles aplicaciones para resolver problemas de un entorno profesional y bienestar de la sociedad.

El estudio busca proponer un diseño automatizado y el control de un generador que proporcione solución a la industria. El estudio está dividido en una introducción que describe el objeto de estudio de este trabajo tesis. A continuación los antecedentes del uso de transferencias, así como la orientación del mercado.

Después el planteamiento del problema, del porque la necesidad que surgiera la idea del desarrollo de este estudio, además los objetivos que se buscan alcanzar con el desarrollo del mismo. Por último el marco teórico donde se desarrollara los conceptos que describen los grupo electrógeno y su funcionamiento , así como las características de las transferencias , características del sistema de control , descripción de la instalación y la programación del logo .

II. Antecedente

En la biblioteca de tesis se encontró un tema tesis **Diseño de un sistema de transferencia de energía eléctrica para el respaldo por fallo de la energía comercial** en la cual, el diseño se elaboró con el programa CADE SIMU.

El nuevo diseño propuesto es mediante el uso de PLC, Y aplica a industrias que carecen de un sistema de transferencia automática que detecte automáticamente el fallo de energía y realice la transición de la energía sin problemas.

Por lo general la energía convencional es proporcionada por la empresa distribuidora, con cierto grado de continuidad y confiabilidad, pero esto no está 100% garantizado, por ello, en el caso de una falla generalizada, el apagón no se detecta automáticamente.

En todo caso el operador es el encargado de arrancar el grupo electrógeno y realizar la transferencia de forma manual, realizando la transición de la energía de la red al generador de energía.

Por tanto no se dispone de un sistema de retraso de tiempo, esto permitiría detectar las falsas alarmas que se desencadena con la fuente de energía proveniente de una empresa de servicio.

Este retraso de tiempo anularía cualquier interrupción momentánea de energía, que causaría un arranque falso del motor y así la transferencia a la carga.

De igual manera en el proceso inverso, una vez que se reestablece la alimentación normal, se necesita otro retraso de tiempo, para asegurarse que la carga es suficientemente estable como para cambiar dejar de usar la energía de reserva.

III. Objetivos del Estudio

3.1 Objetivo General

- Diseñar una transferencia y sincronización automática de generadores eléctrica utilizando un PLCs siemens en una instalación industrial.

3.2 Objetivo Específico

- Utilizar la herramienta computacional logo Soft Comfort V 7.0.3. para implementar la simulación de la transferencia automática.
- Diseñar un programa para el control y funcionamiento de la transferencia y sincronización de los generadores eléctricos.
- Estudiar los diferentes tipos de grupos electrógenos utilizados en la industria.
- Ejecutar un prototipo funcional de la transferencia y sincronización automática de los generadores en los laboratorios de máquinas eléctricas de la FEC.

IV. Justificación

El presente trabajo de tesis diseño transferencia y sincronización automática de generadores eléctrica utilizando un PLCs siemens en una instalación industrial y el conocimiento básico de la misma hace que este estudio, permita el aprendizaje para el trabajo de los alumnos de ingeniería eléctrica.

En la actualidad la falta de información de cómo crear estructuras algorítmicas para la solución de problemas de automatización, y posteriormente en la codificación de instrucciones, diagramas de escalera o por bloques dependiendo del software requeridos de acuerdo a la marca de los PLC, igualmente se hace compleja la programación y simulación de los de los PLC.

En general el estudiante no domina los conceptos básicos necesarios de cómo realizar una programación del PLC muchas veces al termino de los cursos y lógicamente no va a lograr el funcionamiento adecuado de este dispositivo y mucho menos responder a las necesidades de automatizar procesos industriales o comerciales para la solución de problemas.

Por otro lado la falta de prácticas, lo cual no beneficia en nada al estudiante limitando la aplicación o transferencia de conocimientos.

A través del diseño propuesto de transferencia automática que tendrá este trabajo de tesis proporciona a los futuros Ingenieros la posibilidad de diseñar, programar y personalizar nuevos métodos aplicables en el campo eléctrico.

Además se fortalecen también los cursos de extensión académica que se complementan con los postgrados.

Con el fin de promover el legado de enseñanza y para contribuir a que el estudiantado posea las herramientas necesarias para una formación integral, una de las formas más eficientes en la consolidación del conocimiento es mediante la realización de un estudio teórico de la información con una posterior aplicación en la práctica de la misma.

V. Marco Teórico

5.1 Interruptor automático de transferencia

Un interruptor automático de transferencia es en esencia un sistema de relevación automatizado que asociado a una subestación y un generador provee un servicio eléctrico constante y eficaz, sin la intervención de un operador humano.

La transferencia se activa cuando el servicio normal se suspende, conmutando a un servicio auxiliar, según sea la necesidad de la instalación eléctrica, la transferencia puede llegar a ser un sistema sumamente complicado; en la mayoría de los casos una transferencia básicamente se compone de dos interruptores, un sistema de control, y una barra común.

Los interruptores automáticos de transferencia están compuestas de un circuito de fuerza y uno de mando, circuito de fuerza los interruptores de potencia quienes son los encargados de realizar la conmutación, para trabajar en media tensión o bien en baja tensión (se considera baja tensión a niveles de voltaje inferiores a 1KV y media tensión al rango que va desde 1KV hasta los 44KV), estos interruptores por su naturaleza están ubicados dentro de gabinetes, siendo el diseño de su conexión eléctrica adaptado a las necesidades del cliente (barra simple, doble barra, barra partida, etc.).

Los interruptores son controlados por el circuito de mando, que a su vez, se conforma por el controlador lógico programable y su red de dispositivos de periferia compuesta de los actuadores, los relés y los medidores de potencia.

Por su parte el controlador lógico programable actúa de acuerdo con el algoritmo de decisión dependiendo de la información obtenida de su periferia que está compuesta por relés de medición.

La existencia de **un controlador lógico programable** supone la ventaja de adaptar el sistema a las necesidades del usuario, lo anterior es significativo respecto de los relés de transferencia dedicados o bien de los sistemas de transferencia electromecánicos, debido a que el algoritmo del controlador lógico programable puede ser modificado a voluntad y la capacidad de manejo de periferia aumentada al agregar módulos, controlando más de un interruptor automático de transferencia con un solo controlador lógico programable, llegando a ser tantos los interruptores automáticos de transferencia como el controlador lógico programable lo permita.

5.2 Condiciones para el funcionamiento de la transferencia

El funcionamiento de una transferencia automatizada está regido por el algoritmo dentro del controlador lógico programable que realiza el control, existen algunas directrices que se deberán seguir para garantizar que el funcionamiento de una transferencia sea el adecuado.

Las condiciones de funcionamiento son un conjunto de eventos que deben ocurrir para que el controlador lógico programable realice, ya sea la secuencia de transferencia, o por el contrario uno o varios procesos alternativos, dichas condiciones están claramente relacionadas con las limitaciones del hardware.

Los eventos que activan o desactivan un interruptor automático de transferencia se verifican en las entradas de señal del controlador lógico programable (periferia), tanto los interruptores como los relés de voltaje están dotados de contactos secos o señales de campo que sirven como señalización para los lazos cerrados de control en el controlador lógico programable.

De antemano se define cuál será la secuencia de funcionamiento básica para nuestra transferencia, decimos entonces que si la transferencia se encuentra en espera, y que en un determinado momento se produce una alteración en el voltaje de la acometida, esto provocará la secuencia siguiente:

-
- Se abre el interruptor de la acometida.
 - Los generadores se activan y sincronizan a la barra de generadores.
 - Se verifica el voltaje los generadores en paralelo.
 - Se cierra el interruptor de la barra común de generadores.

Con lo anterior, se cumple con la secuencia de transferencia desde el suministro de energía eléctrica comercial al servicio de emergencia, el proceso de transferencia es simplificado; sin embargo, ¿qué sucedería si el generador no se activa?, o bien si éste se apaga después de realizada la transferencia; todas estas condiciones se expondrán cuando se diseñe el algoritmo de la transferencia.

Cuando el voltaje en la acometida del servicio eléctrico comercial se normaliza se realiza la transferencia desde el suministro de emergencia al servicio comercial, el proceso simplificado será el siguiente:

- Se abre el interruptor de la barra común de generadores, produciendo un pequeño corte en el suministro de energía eléctrica a las cargas.
- Se cierra el interruptor de la acometida del servicio comercial.
- Los generadores sincronizados a la barra común abren sus interruptores liberándose de la barra.
- Luego de un tiempo estipulado por el fabricante los generadores se enfrían para posteriormente apagarse.

Se deduce que existen condiciones externas que inician la secuencia de transferencia, dentro de la secuencia de la transferencia se observan algunas condicionantes a las que llamaremos enclavamientos. Cada una de ellas se analizará de forma detallada a continuación.

5.2.1 El enclavamiento

Los enclavamientos son empleados para evitar que la transferencia efectúe operaciones peligrosas, por ejemplo; si conecta el interruptor del generador y el interruptor de la acometida en la barra común de manera simultánea, para el caso particular de un interruptor de transferencia automático los enclavamientos son los siguientes:

- Disparo de interruptor de acometida por corto circuito o sobre carga (se verifica por medio del contacto auxiliar de disparo de interruptor, impide que cierre cualquiera de los interruptores, esto debido a un corto circuito en la barra de la carga).
- Disparo de interruptor de generadores por corto circuito o sobre carga (se verifica por medio del contacto auxiliar de disparo de interruptor, impide que cierre cualquiera de los interruptores, esto debido a un corto circuito en la barra de la carga).
- Disparo de interruptor de barra común (se verifica por medio del contacto auxiliar de disparo de interruptor, impide que cierre cualquiera de los interruptores, esto debido a un corto circuito en la barra de la carga).
- Disparo de interruptor de generadores por corriente inversa (se verifica por medio del contacto auxiliar de relé de potencia inversa, impide que se cierre el interruptor del generador nuevamente, además detiene el generador inmediatamente).
- Orden de apagado de generadores por falla (esta falla es programable en el control de los generadores se verifica por medio de un contacto auxiliar).
- Existen tres niveles de falla para cada generador, cada uno tiene su propio contacto auxiliar, impide que los generadores se activen nuevamente).
- Enclavamiento mutuo de interruptores (este puede ser eléctrico, mecánico o por programa, el enclavamiento mutuo se verifica por medio de los contactos auxiliares de abierto cerrado de los interruptores y sirve para evitar que dos interruptores cierren simultáneamente produciendo un corto circuito).

5.2.2 Diagrama unifilar de la transferencia

Un interruptor de transferencia automático con sincronización de generadores a una barra común consta de generadores dotados de un interruptor motorizado, sistema de medición de voltaje (59, 60, 80), protección contra corriente inversa (67).

Cada uno de los generadores está conectado a la barra común, y por seguridad los generadores se sincronizan a esta antes de suministrar potencia a la carga, la barra común cuenta con medición de voltaje y de frecuencia, el relé de frecuencia envía señales de campo al controlador lógico programable para que este acelere o des-acelere el generador que hará las veces de barra infinita, a la barra común está también conectado el interruptor principal, que a su vez, está motorizado.

Conectado a la barra de carga están los interruptores principal y de barra común, ambos están motorizados y cuentan con enclavamiento mecánico, en la barra de carga hay un sistema de medición de potencia que sirve para comunicarle al controlador lógico programable si debe sincronizar otro generador más a la barra común para abastecer la carga o si por el contrario deberá sacar uno de servicio.

El interruptor principal abre el suministro que viene de un transformador, al interruptor principal se conecta un relé de voltaje que es quien determina si procede activar el interruptor de transferencia automático.

5.2.3 Algoritmo de un interruptor de transferencia automático

El algoritmo del interruptor de transferencia automático está compuesto por un conjunto de instrucciones y procedimientos que el controlador lógico programable debe de ejecutar. Este conjunto de instrucciones se organiza en forma de segmentos, para su mejor administración.

5.3 Circuito de fuerza

El circuito de fuerza en una transferencia se compone de los interruptores de potencia, éstos protegen tanto a las cargas como a las personas, actuando como seccionadores con capacidad de selectividad, además de cumplir con otras aplicaciones, como: interruptores de acometida y derivación en instalaciones trifásicas, para conectar y proteger tanto transformadores como generadores e interruptores principales.

Algunas de sus características más notables son:

- Una amplia duración eléctrica y mecánica, pueden ser abiertos y cerrados en múltiples ocasiones, tanto de manera automática como remota.
- Disponer de indicaciones de campo para verificar el estado del interruptor: abierto, cerrado, disparado por corto circuito o bien si está disponible para abrir o para cerrar.
- Capacidad de corriente acorde a la capacidad de la red, la capacidad de corriente se define como la máxima corriente que el interruptor puede conducir antes de dispararse, siendo dependiente exclusivamente de la carga. En todo caso los interruptores de la transferencia son capaces de proteger a la red de cualquier falla ya sea de sobre carga o corto circuito.
- Capacidad interruptiva de corto circuito, es la máxima corriente de corto circuito que puede conducir el interruptor. Debido a que la resistencia de los conductores es mínima, la corriente de corto circuito puede llegar a ser cientos de veces la corriente nominal del conductor. Para seleccionar la protección, adecuada es importante determinar la corriente máxima de corto circuito que debe ser igual o mayor a la máxima corriente de corto circuito, la corriente máxima de corto circuito puede variar conforme se avance en las derivaciones de la red, puesto que es dependiente de la ubicación del corto circuito en la red.
- La capacidad de voltaje del interruptor debe ser siempre mayor o igual a la red en que está conectado.

5.4 Circuito de mando para una transferencia con sincronización automática

El circuito de mando cumple con la misión de sincronizar y transferir los generadores a la carga en el momento que el suministro de energía externo falle, el mando es por sí mismo un conjunto de aparatos e instrumentos que trabajan para proporcionar a la transferencia una operación completamente automática.

El circuito de mando está compuesto por:

- La periferia: que es el conjunto de relés y sensores que informan en todo momento al controlador lógico programable tanto del funcionamiento de la transferencia, como de parámetros importantes de frecuencia y voltaje.
- El control: lo constituye el controlador lógico programable propiamente dicho, siendo este quien realiza toda la operación de la transferencia.
- La medición: que se compone de los medidores de potencia.
- La visualización: por medio de una panel de operador donde se puede hacer ajustes del sistema y visualización de fallas.
- Instrumentos: Puesto que la transferencia debe ser capaz de trabajar de forma manual también se requiere de un juego completo de instrumentos los que se incluyen por comodidad como parte del mando.
- Actuadores: El mando actúa sobre los interruptores el controlador lógico programable requiriendo de actuadores que para nuestro caso son simples accionamientos auxiliares por tanto no se incluyen en la descripción del mando.

5.5 Descripción de los grupos electrógenos.

5.5.1 Clasificación de los grupos electrógenos.

Los grupos electrógenos con motores de combustión interna se clasifican como sigue:

a) De acuerdo al tipo de combustible:

- Con motor a gas (LP) o natural.
- Con motor a gasolina.
- Con motor a diésel.
- Sistema Bifuel (diésel/gas)

b) De acuerdo a su instalación.

- Estacionarias.
- Móviles.

c) Por su operación.

- Manual.
- Semiautomática
- Automática (ATS)
- Automática (sincronía/peak shaving)

d) Por su aplicación.

- Emergencia.

- Continua.

Los grupos electrógenos para servicio continuo, se aplican en aquellos lugares en donde no hay energía eléctrica por parte de la compañía suministradora de éste tipo, o bien en donde es indispensable una continuidad estricta, tales como: en una radio transmisora, un centro de cómputo, etc.

Los grupos electrógenos para servicio de emergencia, se utilizan en los sistemas de distribución modernos que usan frecuentemente dos o más fuentes de alimentación.

Su aplicación es por razones de seguridad y/o economía de las instalaciones en donde es esencial la continuidad del servicio eléctrico, por ejemplo:

- Instalaciones industriales, en hospitales, en áreas de cirugía, recuperación, terapia y cuidado intensivo, laboratorios, salas de tratamiento, etc.
- Para la operación de servicios de importancia crítica como son los elevadores públicos, bombeo de aguas residenciales, etc.
- Instalaciones de alumbrado de locales a los cuales un gran número de personas acuda a ellas como son: estadios deportivos, aeropuertos, transporte colectivo (metro), hoteles, cines, teatros, centros comerciales, salas de espectáculos, etc.
- En instalaciones de computadoras, bancos de memoria, el equipo de procesamiento de datos, radares, etc.

5.5.2 Tipos de grupos electrógenos

5.5.2.1 Los grupos electrógenos manuales:

Son aquellos que requieren para su funcionamiento que se operen manualmente con un interruptor para arrancar o parar dicho grupo. Es decir que no cuenta con la unidad de transferencia de carga sino a través de un interruptor de operación manual (Switch o botón pulsador).

5.5.2.2 Los grupos electrógenos semiautomáticos:

Son aquellos que cuentan con un control automático, basado en un microprocesador, el cual les proporciona todas las ventajas de un grupo electrógeno automático como: protecciones, mediciones, y operación pero que no cuenta con un sistema de transferencia.

5.5.2.3 Los grupos electrógenos Automáticos (ATS): Automatic Transfer Switch

Este tipo de grupos electrógenos cuenta con un control basado en un microprocesador, el cual provee al grupo electrógeno un completo grupo de funciones para:

- Operación
- Protección
- Supervisión

Contienen funciones estándar y opcionales en su mayoría programables por estar basada la operación en un microprocesador provee un alto nivel de certeza en sus funciones como: mediciones, protecciones, funciones de tiempo, y una alta eficiencia, en su sistema de transferencia.

5.5.2.4 Los grupos electrógenos Automáticos para (Sincronía / Peak shaving):

Este tipo de grupos cuenta con un control para un grupo electrógeno automático, el cual es capaz de manejar funciones de sincronía (Abierta o cerrada) que se requieren para realizar un proceso emparellamiento de grupo y red ó grupo con grupo. Su operación es la siguiente:

Sincronía Abierta: Cuando ocurre una falla de la red normal, ocasiona dos interrupciones de energía en la carga (transferencia y retransferencia) si contamos con un sistema de sincronía abierta se elimina la interrupción de energía en el momento de la retransferencia ya que la misma se realiza en una forma controlada, sincronizando ambas fuentes y cerrando ambos interruptores simultáneamente por un tiempo predeterminado (paralelo).

Sincronía Cerrada o Peak Shaving: Actualmente, la energía eléctrica ha alcanzado niveles de precios altos. Por lo cual se tiene la alternativa de un sistema de Peak shaving con el cual se reducen sus costos por consumos de energía en horario punta, es decir, sincronizamos el grupo con la red, ya que están en paralelo tomamos la carga suave, de forma controlada kW/s. de la red dejando la misma sin carga y abriendo el interruptor de la red.

Transcurrido el tiempo programado para horario punta, se realiza el mismo procedimiento en sentido inverso, es decir, se sincroniza el grupo electrógeno con la red, y cuando se encuentran en paralelo se realiza una transferencia suave de carga del grupo electrógeno a la red, y el grupo electrógeno entra en periodo de enfriamiento.

Durante todo el proceso (Peak shaving) no hay corte de energía, lo cual evita la interrupción en su proceso.

5.6 Programación del PLCs logo

El control del elevador se realiza mediante el editor Logo Soft Comfort, utilizando el diagrama KOP (diagrama escalera o símbolos eléctricos), existen otros 2 tipos de diagramas eléctricos como los son el AWL (lista de instrucciones) y el FUP (símbolos lógicos).

El editor funciona más que nada como el enlace entre el programa y el PLC, tanto las entradas y salidas se pueden ver en la computadora y determinar que contactos se van cerrando o el tiempo que lleva un timer trabajando, esto facilita mucho el modo de operación, porque es fácil saber la causa de que exista un error o qué es lo que está fallando en los contactos físicos (sensores, botones, interruptores, etc.).

A. Que es logo

Es un módulo lógico universal para la electrotecnia, que permite solucionar las aplicaciones cotidianas con un confort decisivamente mayor y menos gastos."

"Mediante LOGO! se solucionan tareas o funciones en las técnicas de instalaciones en edificios y en la construcción de máquinas y aparatos (p.ej controles de puertas, ventilación, bombas de aguas, etc.)".

Ideales para solucionar pequeños problemas de automatismos en instalaciones domésticas donde un autómatas puede parecer un exceso.

Toda la programación se realiza, de una forma bastante sencilla, con las 6 teclas que están situadas en su frontal . La visualización del programa, estado de entradas y salidas, parámetros, etc, se realiza en una pequeña pantalla LCD de forma gráfica.

La intensidad permanente en los bornes de salida varía según el modelo, siendo en todos los casos inferior a 10 A, por lo tanto si el poder de corte que necesitamos es mayor, están disponibles unos contactores auxiliares, a 24 ó 230v, de hasta 25A, que puede ser alojado directamente en el raíl del cuadro de protección.

El modelo LOGO! 230 RLB dispone de una entrada para el bus ASi (Interface Actuator Sensor) y puede conectarse como esclavo junto a un autómatas de la serie S7-200.

Todos los modelos de LOGO! permiten ser conectados a un PC con un cable especial que distribuye la propia Siemens. Curiosamente este cable cuesta tanto como los Logo! más económicos.

La programación se realiza en un lenguaje gráfico de puertas lógicas. Los que conozcan el Step 5 apreciarán el parecido con el modo FUP de los autómatas S5.

Las funciones básicas (and, or, nand, nor, etc...) son idénticas en todos los modelos. Las funciones especiales, como relojes, temporizadores, etc, están limitadas en alguno de los modelos de gama baja, por lo tanto se hace imprescindible consultar las características para saber si el Logo! adquirido puede realizar lo que teníamos previsto.

- **Existen 3 modos de funcionamiento:**
 - **Modo programación** - Para elaborar el programa
 - **Modo RUN** - Para poner en marcha el Logo!
 - **Modo parametrización** - Para modificar los parámetros de algunas de las funciones, tiempo, computo, relojes, etc.

El modo parametrización resulta muy interesante ya que permite al usuario realizar los ajustes de la instalación sin modificar el programa.

El técnico, en **modo programación**, decidirá cuales son los parámetros que el usuario pueda cambiar. Es decir que si desea que el tiempo de un temporizador no sea modificado, se puede configurar dicho bloque para que no esté disponible en la parametrización

Las principales ventajas que aporta este software con respecto a la programación directa en el aparato son:

- Permite imprimir y visualizar los esquemas programados.
- Permite la simulación, de forma gráfica, para comprobar el funcionamiento del circuito sin estar conectado al LOGO!. Las entradas se pueden definir como pulsadores o interruptores.
- Los pequeños cartuchos de memoria EEPROM pueden ser programados directamente con el PC en conexión directa con el cable.
- Los programas se pueden almacenar en disco en formato de fichero.
- Las entradas y salidas tienen la posibilidad de etiquetarse con comentarios.
- La Ayuda es un estupendo manual de usuario en el que podemos aclarar cualquier duda de programación. Incluyendo las características técnicas de todos los modelos de LOGO! disponibles en la actualidad.

Limitaciones relacionadas con la capacidad de almacenamiento y magnitud del circuito:

Entre una salida y una entrada es posible prever hasta 7 bloques en serie.

Un programa no puede tener más de 30 bloques. Si se utilizan varias funciones especiales el número de bloque se reduce correspondientemente.

B. Funciones Generales

Las operaciones combinacionales más comunes se realizan con los bloques de funciones básicas, conexión serie, paralelo, negación, etc.

Todas las funciones AND, OR, XOR, NAND y NOR tienen tres entradas y una salida. La función inversora, NOT, tiene una entrada y una salida. Y la función OR exclusiva (XOR) posee dos entradas y una salida.

C. Funciones Especiales

- Temporizador con retardo a la conexión
Activa la salida Q una vez que ha transcurrido el tiempo programado.
- Temporizador con retardo a la desconexión
Desactiva la salida una vez transcurrido el tiempo programado. El temporizador se pone en marcha en flanco descendente.
- Relé de impulsos
Tiene el mismo funcionamiento que un telerruptor. La salida cambia de estado, de 0 a 1, cada vez que cambia la señal en la entrada Trg.
- Reloj
Permite controlar los instantes de activación y desactivación de la salida en un día de la semana y a una hora determinada con la precisión de un minuto.

➤ Relé de automantenimiento

Función biestable R-S. Permite realizar la función paro-marcha típica de los automatismos a contactores. La situación no permitida $R=1$ $S=1$ se soluciona dando preferencia a R.

➤ Generador de pulsos

Genera pulsos de reloj a intervalos iguales. Funcionamiento similar a un intermitente.

➤ Temporizador a la conexión con memoria.

De funcionamiento similar al temporizador a la conexión, pero con la característica que no es necesario mantener la señal en Trg para que el temporizador funcione.

VI. Metodología de Trabajo

La metodología que se utilizara para este estudio es la investigación documental y de campo. La investigación de campo recaba información en el lugar de los hechos y acopia información que no está registrada, ni documentada utilizando técnicas, así mismo exige contacto con la realidad estudiada. La investigación documental se adquiere en documentos, se realiza la labora de analizarla y ordenarla.

En esta metodología es necesario diseñar y simular el esquema de maniobra, que cumpla con las condiciones de funcionamiento de la transferencia y sincronización automática de generadores eléctrico utilizando PLCs siemens en una instalación industrial propuesto en este trabajo, realizando los siguientes pasos:

1. Procedimientos para la lógica automática de transferencia en logo Soft Comfort

- *Primero*, debemos definir la relación entre los dispositivos físicos y las entradas/salidas del módulo lógico programable.
- *Segundo*, con la ayuda del diagrama de control industrial realizamos las ecuaciones lógicas que establezcan las condiciones de movimientos.
- *Tercero*, diseñamos y programamos el esquema de mando.
- *Cuarto*, Realizamos las simulaciones pertinentes que aseguren que el programa se ajusta a la descripción de funcionamiento dada.
- *Quinto*, transferimos el programa desde la computadora hacia el LOGO 230 RC.

--Realizar las conexiones del módulo lógico programable con los dispositivos físicos que intervienen en el esquema de maniobra (bobina del contactor y relé, además de los pulsadores). Se comprobará el correcto funcionamiento de la maniobra antes de iniciar el montaje del circuito de potencia.

--Realizar las conexiones del esquema de potencia

2. Análisis de problemas potenciales

Identificar cualquier problema potencial para adelantarnos a la falla y darle la solución más adecuada para evitar posibles interrupciones prolongadas.

3. Búsqueda en el mercado local de PLC

De acuerdo a la teoría desarrollada y a las necesidades que presente el diseño y simulación del ascensor se necesita la búsqueda empresas distribuidoras de logos para la evaluación de las propuestas, en cuanto a los siguientes aspectos:

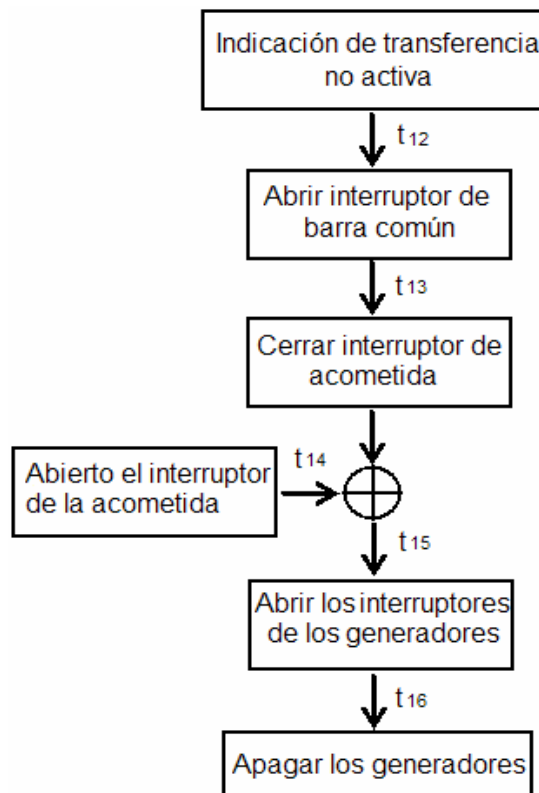
- Soporte técnico
- Capacidad de adquisición de los logo
- Instalación del equipo
- Capacitación del personal en manejo, operación y programación de los logo.
- Costo

4. Elaborar el informe del estudio

El paso final es el de preparar un informe que contenga las observaciones y conclusiones del diseño y simulación del transferencia y sincronización automática de generadores eléctrico utilizando PLCs que pueda ser llevado o tomado como una referencia para una posible implementación.

VII. Secuencia para la transferencia del sistema al suministro de energía eléctrica comercial

Esquema de algoritmo para secuencia de transferencia de carga al suministro de energía eléctrica comercial.



La transferencia al servicio de energía eléctrica comercial se inicia cuando el relé de supervisión de voltaje determina que el suministro eléctrico de la acometida es adecuado, sin embargo es necesario dejar pasar un tiempo para que se considere seguro reconectar, este lapso de tiempo puede ajustarse en el relé de supervisión de voltaje en el suministro de la acometida o bien en el controlador lógico programable.

Pudiendo variar entre unos minutos hasta algunas horas, concluido dicho tiempo se procede a transferir la carga a la barra de suministro de la acometida, el procedimiento se describe a continuación: se desconecta el interruptor de la barra común de los generadores.

Luego de un lapso de tiempo que sirve para disolver la energía residual del sistema (la energía residual se debe a que los motores conectados a la barra de carga permanecen girando por lo cual actúan como generadores produciendo un efecto similar al rechazo de carga) se conecta el interruptor del suministro de la acometida quedando energizadas las cargas.

Es necesario hacer una observación, si bien el proceso es totalmente automático no existe sincronización del servicio de emergencia y el suministro de energía comercial, la sincronización entre la barra de la acometida y la barra común de generadores supondría una ventaja puesto que la transferencia del servicio de emergencia al servicio comercial sería imperceptible para el usuario.

Sin embargo la transferencia que se propone aquí está constituida por cuatro generadores sincronizados que alternan su funcionamiento, según las necesidades de carga, la operación en paralelo de los generadores requiere de la implementación de varios sistemas para el control de la potencia entregada por cada uno de los generadores, estos sistemas impiden la sincronización de la barra de generadores con la barra del suministro eléctrico comercial.

7.1 Relé de sincronización automática

La sincronización puede ser la causa de daños a la maquinaria o el equipo, la sincronización automática respecto de la sincronización manual aumenta la disponibilidad de los equipos, sincronizando casi de inmediato, evitando así la posibilidad de error humano. La sincronización automática de generadores implica el cálculo en tiempo real del algoritmo para el cierre correcto del interruptor en el instante indicado, dicho algoritmo es:

Para que el algoritmo anterior se cumpla deberán cumplirse también las siguientes condiciones:

1. El transductor de la línea de transmisión o de la barra común debe de estar trabajando en tiempo real.
2. El PLC o dispositivo de medición debe de tener capacidad para el manejo de las entradas y salidas para el correcto manejo de los cálculos del algoritmo.

El relé de sincronización automática es un dispositivo especializado que tiene la función de ajustar la velocidad del generador entrante a la frecuencia de la barra infinita para luego cerrar el interruptor en el momento indicado.

Usualmente los relés de sincronización automática poseen un mecanismo de regulación que mantiene la frecuencia del generador entrante en márgenes estrechos, existen dos tipos de relés de sincronización automática; el relé de sincronización automática electromecánico y el relé de sincronización automática de estado sólido; el relé de sincronización automática electromecánico cuenta con discos de aluminio que giran debido al campo magnético de dos bobinas, hay una bobina para la barra infinita y una bobina para el generador entrante, el disco que gira posee una leva que activa un interruptor miniatura que a su vez actúa sobre el interruptor del generador que se pretende sincronizar; estos dispositivos están en desuso por tanto no profundizaremos en el tema.

Actualmente los relés de sincronización automática están basados en tecnología de estado sólido lo cual los hace más versátiles respecto de sus dimensiones, sus capacidades, y por supuesto cuentan con un grado de servicio elevado, por lo regular los relés de sincronización automática de estado sólido cuentan con un algoritmo PID para la regulación de la frecuencia del generador entrante, lo anterior redundaría en sincronizaciones suaves con leves golpes para el generador entrante, reduciendo por tanto el estrés a los equipos.

Por su naturaleza el relé de sincronización automática de estado sólido es muy versátil este está dotado de ajustes accesibles al usuario, los más comunes son: Δv (diferencia de potencial máxima permitida), Δf (diferencia de frecuencia del generador entrante respecto a la barra común) y $\Delta \alpha$ (apertura se refiere al margen de ángulos).

El relé de sincronización automática por tanto tiene dos propósitos importantes, siendo estos:

1. Ajuste de la velocidad del generador contra la barra infinita
2. Cierre del interruptor del generador

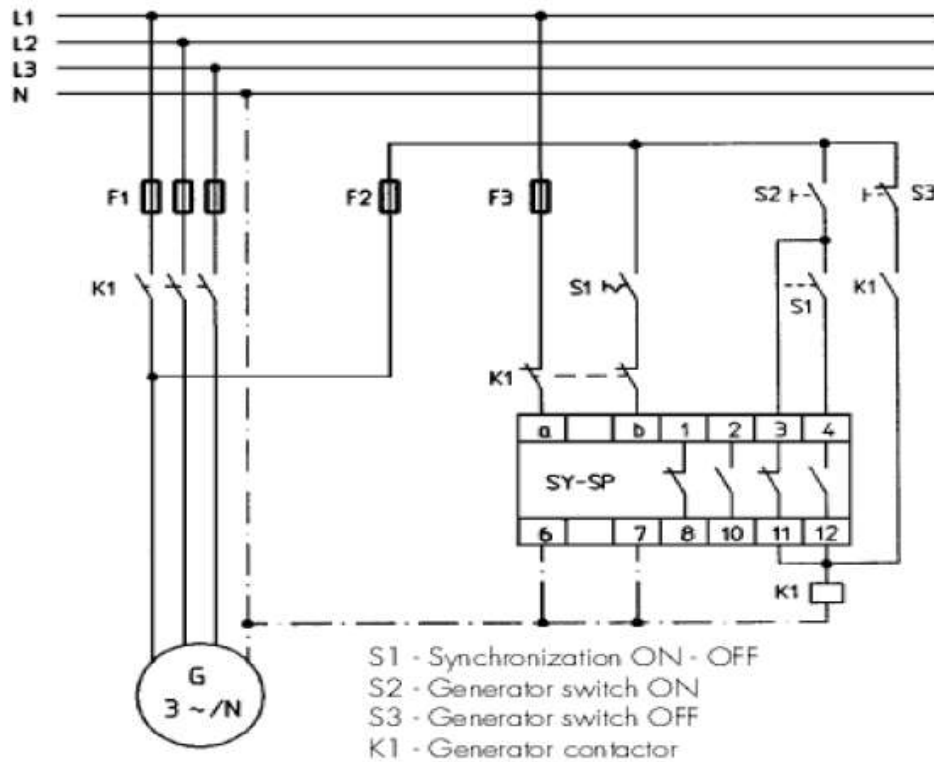
7.2 Esquema clásico de la sincronización

Una aproximación a la sincronización clásica se muestra en la figura, siendo el operador quien puede seleccionar si el modo de funcionamiento será automático o manual.

Pero si el modo de sincronización es automático el operador es dispensable; en el modo de operación manual el operador es quien toma la decisión de cerrar un interruptor, en caso de error su único respaldo será el relé de protección de sincronización que por lo general es electromecánico.

Desafortunadamente después una serie de pruebas de operación se ha mostrado a los sincronizadores automáticos como poco confiables a favor de la operación manual cuando la mayor parte de los cierres fuera de sincronía ocurren, es por ello que la única protección contra una catástrofe millonaria es el relé de supervisión de sincronía.

Figura: Esquema clásico de la sincronización



7.3 Supervisión automática de la sincronización

Una aproximación al circuito básico de sincronización automática se muestra en la figura, ahora el sincronizador está ajustado para cerrar en un ángulo preciso, marcado por T_{bc} para el cierre de interruptor, la ecuación que resulta para un interruptor, para cada ciclo se basado en que:

$$A = 360^\circ \cdot S \cdot T_{bc}$$

Como la frecuencia de deslizamiento varía durante el tiempo de cierre del interruptor que es prácticamente un constante, un relé de supervisión de sincronización puede ser adicionado en serie al relé de sincronización automática para evitar el cierre del interruptor si el generador gira con una velocidad de giro de los generadores de la barra.

Una desventaja puede ser que el operador presione la manija para el cierre del interruptor manteniendo cerrada cuando el generador entrante gira a una velocidad mayor a la barra y cerrar así el interruptor cuando está lejos del ángulo correcto de sincronización, eventualmente el generador entrará en ángulo y el interruptor cerrará en el ángulo correcto.

Para evitar la falla, el operador debería presionar el interruptor cuando el ángulo es aceptable, lo que no causaría ningún daño catastrófico, el relé supervisión de sincronización evita el cierre del interruptor aun cuando el operador presione la manija muy temprana o tardíamente, el relé cierra solamente dentro de la ventana de ángulos ajustada.

Este es un sistema redundante, donde se adiciona en serie un relé supervisión de sincronización a un relé de sincronización automática, como observación la ventana de cierre del relé de supervisión de sincronización debe ser mayor a la del relé de sincronización automática.

7.4 Comparación del funcionamiento del controlador lógico programable contra el esquema de sincronización tradicional

A primera impresión se pensaría que un PLC puede controlar tanto la velocidad de los generadores, sincronizarlos, y además controlar el flujo de carga, lo anterior supone una integración total del funcionamiento en la transferencia pero conlleva también riesgos que no se pueden dejar de analizar, como se verá esta es una opción poco viable.

En la actualidad se hace común el empleo de controladores lógicos programables también llamados PLC para el control de un sin número de procesos, sin embargo, la sincronización de generadores conlleva ciertas predisposiciones que dejan fuera

de esta aplicación a muchos PLC, por ejemplo: todos los módulos de salidas y de entradas deben ejecutar de forma rápida su objetivo, en particular los módulos de entradas analógicas, deben de trabajar en tiempo real y no de forma multiplexada.

Los módulos convencionales multiplexados tienen tiempos indeterminados de barrido que están en el orden de los 100 a los 1000ms, la falta de constancia en estos tiempos implica tiempos de cierre no exactos lo cual estiba en el detrimento de la vida de los equipos, por tanto se prefiere el uso de transductores en tiempo real, además los módulos de entradas digitales usualmente no son sensibles a frecuencias mayores de 400Hz que los descarta para medir el PICKUP magnético de los generadores, de tal forma que no pueden censar la frecuencia del generador, por tanto el controlador lógico programable requiere de módulos especializados llamados contadores rápidos.

Sin embargo la mayor desventaja de los controladores lógicos programables reside en su forma de funcionamiento; los controladores lógicos programables toman una instantánea de las señales de entrada al inicio de la ejecución del programa.

Esta imagen de las señales de entrada se guarda en un registro (unidad de memoria) de donde es consultado durante la ejecución del programa, cuando el programa termina se genera un registro con el resultado de la evaluaciones del programa y se envía a las salidas, a este registro se le llama imagen de salidas.

Sin embargo que ocurre mientras uno de los dispositivos de periferia conectados a las entradas envía una señal mientras en programa está en ejecución, simplemente el controlador lógico programable no lo ve, si bien es cierto los controladores lógicos programables cuentan con módulos especializados para conteo rápido y pueden ser programados por interrupciones dicha configuración disminuye considerablemente la capacidad del controlador, por ello, se prefiere dispositivos especializados que trabajen en tiempo real tanto para la sincronización como para el compartidor de carga.

Lo anterior no descarta el uso de un PLC para sustituir el esquema de relevación en interruptor automático de transferencia, en especial el control de selección de generadores.

7.5 Sistema de control

El cerebro del sistema de control lo constituye el controlador lógico programable, en su forma más general el controlador lógico programable se conforma de un CPU, una fuente regulada y de módulos de periferia, en cuanto a su capacidad, depende enteramente de los requerimientos del sistema que pretende gobernar, siendo sus características más relevantes: la cantidad de módulos de expansión que el controlador lógico programable puede manejar, las dimensiones de memoria programa que posee, la velocidad del ciclo, y la capacidad de funcionamiento en red.

7.6 Características del controlador lógico programable

Las características del controlador lógico programable están relacionadas estrechamente con el algoritmo que el controlador lógico programable debe ejecutar, el algoritmo es quien impone todos los criterios de selección del controlador lógico programable seleccionado.

Por tanto antes de seleccionar un controlador lógico programable debe diseñar primero todo el circuito de relevación que se pretende automatizar, una vez determinado el circuito de relevación y el algoritmo se procede a seleccionar el controlador lógico programable, el criterio debería de ser más o menos así:

-
1. Selección del CPU
 2. Selección del protocolo de comunicación
 3. Selección de los módulos de periferia

7.7 Capacidad de conexión en red del controlador lógico programable

Una de las ventajas de emplear un controlador lógico programable en el control de una transferencia es la posibilidad de conexión a red, la conexión a red habilita al controlador lógico programable a recibir no solo señales lógicas sino también discretas.

Por ejemplo: es posible saber si se ha excedido la potencia máxima de la carga para los generadores disponibles en barra y también el valor de la sobre carga por medio de los medidores de potencia, de esta manera determinar si con solo un generador es suficiente o bien es necesario agregar más de uno a la barra común para dar potencia a la carga.

La posibilidad de conexión a un sistema SCADA empleando el controlador lógico programable como una pasarela es una de las ventajas de la conexión en red, se puede acceder no solo a la información del controlador lógico programable .

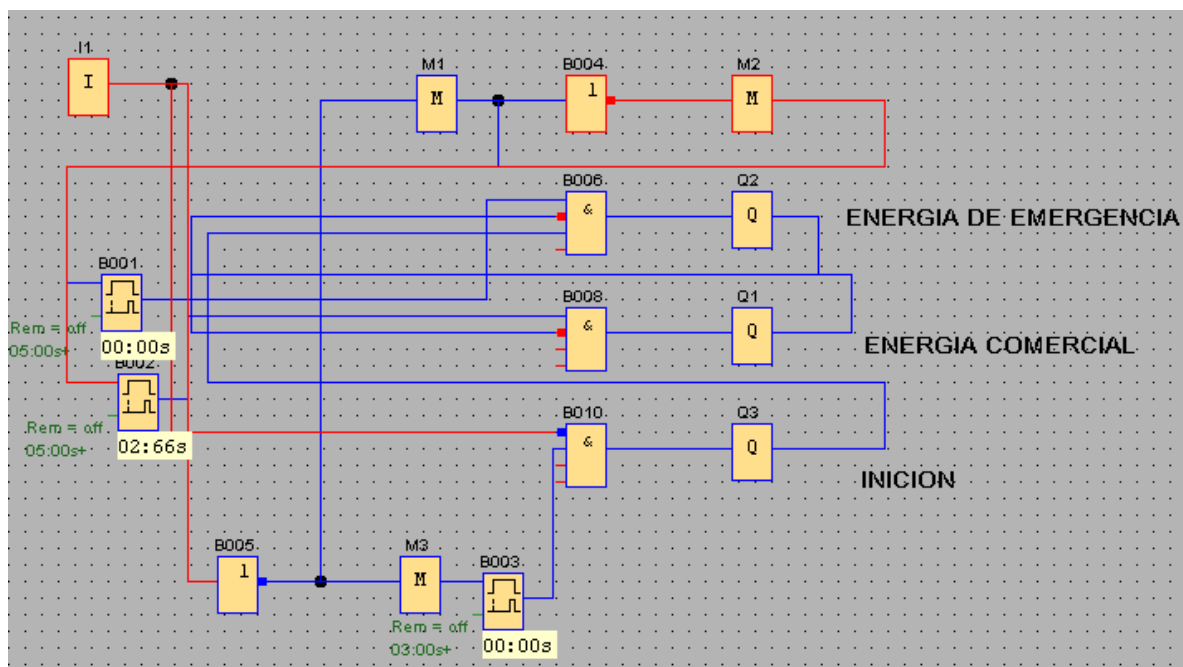
Sino también de los dispositivos conectados a él, tanto sensores como actuadores pueden proporcionar información al controlador lógico programable, se puede conectar dispositivos de maniobra, instrumentos de medición y adquisición de datos que pueden ser útiles dentro del algoritmo de funcionamiento del controlador o bien amentar el canal de comunicación al SCADA.

7.8 Diseño del sistema de relevación

El sistema de relevación incluye los relés de protección y el sistema de selección de generador y sincronización, el diseño del sistema de relevación debería incluir: diseño del esquema eléctrico, elaboración de planos Y elaboración de listado de partes. En nuestro caso presentaremos solamente el Programa de control de la transferencia.

7.9 Elaboración del Programa

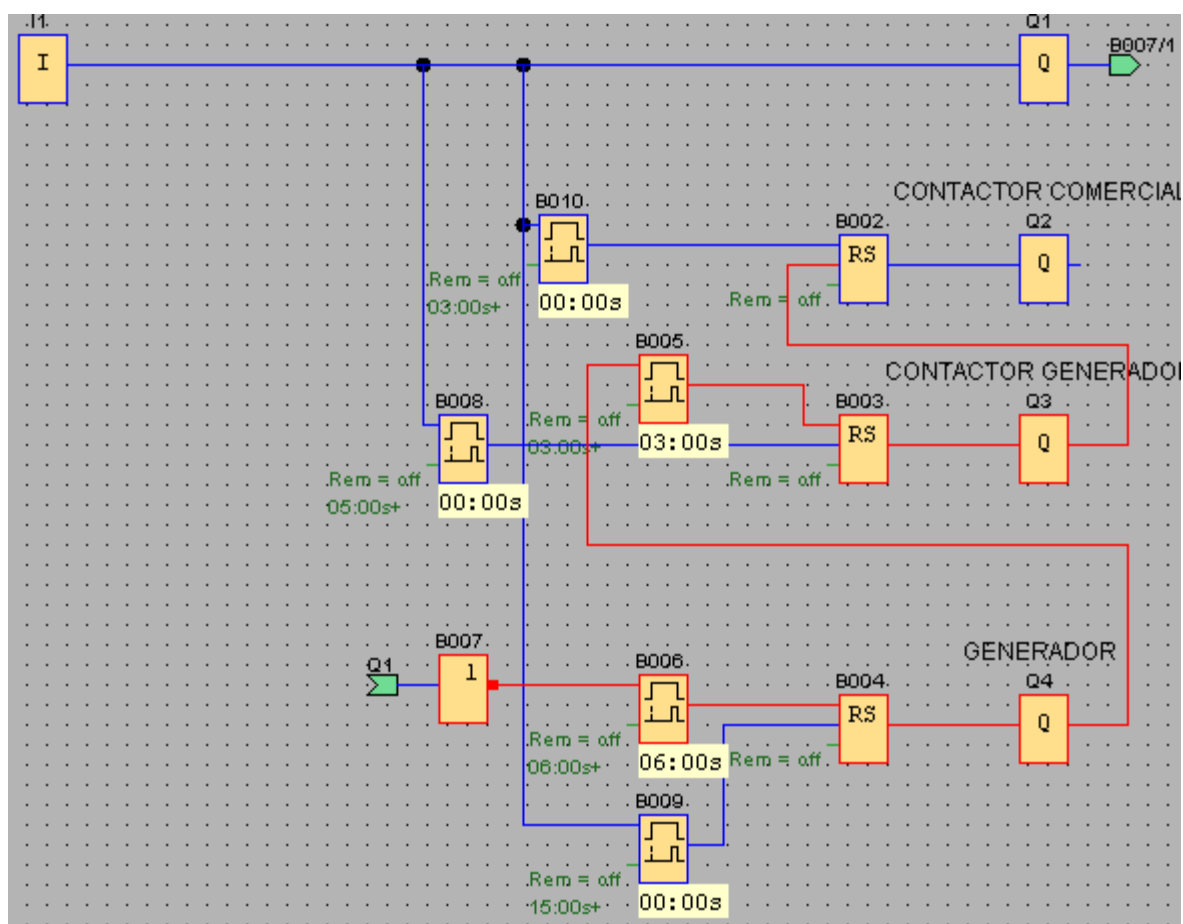
El programa de funcionamiento del sistema de transferencia es el conjunto de instrucciones necesarios para que el sistema de transferencia cumpla su cometido, en el diseño del programa se toma en cuenta tanto las condiciones de operación normal como la probabilidad de falla, también se considera el hardware disponible de tal forma que se diseña de acuerdo con la necesidad en específico.



Por otra parte la elaboración sistema de control comprende el montaje de los componentes, alambrado y prueba del sistema eléctrico, del circuito de control, no incluye el resto de los componentes del sistema.

La puesta en marcha comprende todos los trabajos de ingeniería y técnico electricista que sean necesarios para poner en funcionamiento el sistema, la puesta en marcha se realiza en el sitio donde la aplicación será instalada, es decir en las instalaciones físicas del cliente o usuario final.

También se presenta un segundo programa alterno para el buen desempeño de la transferencia automática.



VIII. Conclusiones

El diseño del sistema de transferencia y sincronizaron automática debe prever el aumento de la carga instalada, como también la posibilidad de ampliaciones y modificaciones tanto del circuito eléctrico del sistema de transferencia y sincronizaron automática como de los pánels de distribución.

El controlador lógico programable tiene ventajas significativas, entre las más relevantes tenemos: la facilidad de cambiar el funcionamiento del sistema por completo solamente cambiando el programa interno del controlador lógico programable sin necesidad de cambiar la arquitectura del mando, la reducción de costos de fabricación al reducir la cantidad de componentes necesarios, la reducción de tiempos muertos por reparación debido a la facilidad para localizar las fallas (por lo general los controlador lógico programable de marcas reconocidas tienen herramientas de diagnóstico que son de gran utilidad para localizar fallas), reducción del espacio físico de los tableros, reducción de las perdidas por irradiación de calor, capacidad de trabajar en red con otros sistemas inteligentes, recolección y proceso de datos entre tantos.

Se logró utilizar la herramienta computacional logo Soft Comfort V 7.0.3. Para implementar la simulación de la transferencia automática.

Se cumplió el objetivo de diseñar el programa para el control y funcionamiento de la transferencia y sincronización de los generadores eléctricos.

Se logró ejecutar un montaje funcional de la transferencia y sincronización automática de los generadores en los laboratorios de máquinas eléctricas de la FEC.

IX. Bibliografía

1. Mozina J. Charles, Protección de generadores de IPP usando tecnología digital, Beckwith Electric company, Largo Florida, Estados Unidos, 2002.
2. Manual del Curso PLC LOGO de SIEMENS edición 2013.
3. Chapman Stephen J. Máquinas eléctricas, Segunda Edición, Editorial Mc Graw Hill, México 1995.
4. Beckwith Thomas R., Conferencia para el territorio Oeste sobre relés de protección, Consideraciones y métodos de sincronización automática, Spokane Washington, Estados Unidos, octubre 1985.
5. APC 2011. Grupo electrógeno de emergencia (disponible en <http://www.directindustry.es/prod/apc-mge/grupos-electrogenos-diesel-de-emergencia-62943-747231.html> consultado el 10 de febrero del 2012).
6. Katsuhiko Ogata, (2010) "En Introducción a los sistemas de control". Ingeniería de control moderna. (pp.4-7). Madrid, Esp.
7. Bahnatka M. Joseph, Guía para la planeación de sistemas de potencia de emergencia, Asco, Estados Unidos, febrero 1994.
8. www.grupos-electrogenos.com.ar
9. · www.schneider-electric.com
10. www.siemens.com
11. Centro de Estudios de Centros de Datos, APC by Schneider Electric DCSC@Schneider-Electric.com